



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 17 724 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 L 3/10**  
G 01 R 27/02  
G 01 M 13/00  
G 01 M 17/00

②① Aktenzeichen: 101 17 724.0  
②② Anmeldetag: 9. 4. 2001  
④③ Offenlegungstag: 17. 10. 2002

DE 101 17 724 A 1

⑦① Anmelder:  
Methode Electronics Malta Ltd., Mriehel, MT  
  
⑦④ Vertreter:  
Haft, von Puttkamer, Berngruber, Czybulka,  
Karakatsanis, 81669 München

⑦② Erfinder:  
Slanec, Konrad, St. Juliens, MT; Drosch, Werner,  
82216 Maisach, DE  
  
⑤⑤ Entgegenhaltungen:  
DE 32 06 008 C1  
DE 34 37 329 A1  
US 56 00 239 A

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Einrichtung zum Ermitteln des Drehmoments an einer rotierbaren metallischen Welle

⑤⑦ Ein Sensorkopf (2) eines Wirbelstromsensors (4) ist radial auf eine Welle (1) gerichtet. Die elektrische Leitfähigkeit der Welle (1) verändert sich entsprechend eines an der Welle anliegenden Drehmoments. Diese Änderung führt zu einer Änderung der Einkoppelstärke des Wirbelstromsensors (4), was in einer Auswerteelektronik erfaßt wird.

Dadurch ist es möglich, das Drehmoment der Welle (1) ohne erhebliche konstruktive Eingriffe an der Welle sicher zu erfassen.

DE 101 17 724 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zum Ermitteln des Drehmoments an einer rotierbaren metallischen Welle mittels eines stationären Sensors, der torsionsspannungsabhängige Veränderungen der Welle kontaktlos erfasst.

[0002] Eine derartige Einrichtung ist z. B. durch die EP 0208892 bekannt geworden, bei der zwei sich ineinander gesteckte geschlitzte Buchsen zu beiden Seiten eines Torsionsabschnittes der Welle an dieser verankert sind. Durch die Torsion der Welle werden die Buchsen gegeneinander verdreht und die Schlitze in den Buchsen zueinander entsprechend verschoben. Eine die Buchsen ringförmig umgreifende stationäre Spule erzeugt in den Buchsen Wirbelströme, deren Einkoppelstärke sich mit der Verschiebung der Schlitze verändert und entsprechend ausgewertet wird. Eine solche Einrichtung erfordert erhebliche konstruktive Eingriffe an der Welle, die mit entsprechendem Fertigungsaufwand verbunden sind, insbesondere als die beiden Buchsen auf eine zueinander eine genau definierte Winkellage justiert werden müssen.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den konstruktiven Aufwand zu verringern.

[0004] Diese Aufgabe wird durch Erfindung gemäß Anspruch 1 gelöst. An der Welle sind nun keinerlei Änderungen zum Zwecke der Drehmomentmessung erforderlich. Es werden nun unmittelbare physikalische Effekte an der Welle ausgewertet. Bei Torsionsbelastung ist die Torsionsspannung und damit die Materialverformung in der Außenhaut der Welle am stärksten. Diese Verformung verändert die Leitfähigkeit der Mantelschicht. Insbesondere bei hohen Sensorfrequenzen haben die Wirbelströme eine geringe Eindringtiefe, so daß sie gerade die am stärksten beeinflusste Materialschicht erfassen. Die Einkoppelstärke verändert sich analog zur elektrischen Leitfähigkeit bzw. zur Impedanz der Mantelschicht der Welle und kann durch eine geeignete Elektronik, mit der auch die Temperaturkompensation durchgeführt wird, ausgewertet werden.

[0005] Es ist weiterhin bekannt, daß Fehlstellen im Material die elektrische Leitfähigkeit reduzieren. Daher liegt ein weiterer Vorteil der Erfindung darin, daß auch ein Materialdefekt, wie der durch Überbeanspruchung oder Ermüdung entsteht, rechtzeitig vor dem Bruch erkannt werden kann. Hierzu muss z. B. die elektrische Leitfähigkeit im unbelasteten Zustand gemessen werden oder die maximalen Sensorsignalwerte müssen gesondert überwacht und ausgewertet werden. Der Sensor kann vorteilhafter an der am stärksten belasteten Stelle montiert werden.

[0006] Der Sensor kann an einer Stelle des die Welle aufnehmenden Gehäuses angeordnet sein, wo ohnehin hinreichend Platz vorhanden ist. Es ist aber auch z. B. gießtechnisch ohne großen Aufwand möglich, einen passenden Einbauraum zu schaffen. Der für die Detektion benötigte Wellenabschnitt kann auf die Wirkbreite des Sensors verkürzt werden. Die Welle braucht zu diesem Zweck nicht verändert zu werden. Daher ist es ohne Änderungsaufwand möglich, eine Gerätschaft gegebenenfalls auch ohne Sensor zu liefern, ohne daß dabei ein vorgehaltener Mehraufwand verloren geht.

[0007] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den in den Ansprüchen 2 bis 10 gekennzeichneten Merkmalen.

[0008] Durch die Anordnung nach Anspruch 2 werden die Stromwirbel im wesentlichen senkrecht zur Spulennachse in der Außenschicht der Welle induziert, wodurch sich die Sensitivität der Einrichtung erhöht.

[0009] Durch die Weiterbildung nach Anspruch 3 wird die

Sensitivität der Einrichtung weiter erhöht.

[0010] Die Schicht nach Anspruch 4 kann z. B. galvanisch oder durch Bedampfen mit geringem Aufwand aufgebracht werden, wobei die Welle konstruktiv kaum verändert wird. Durch die geeignete Leitfähigkeit dieser Außenschicht wird die Sensitivität der Einrichtung besonders erhöht.

[0011] Durch das Muster nach Anspruch 5 kann die Sensitivität der Materialschicht weiter erhöht werden. Je nach den Gegebenheiten des Einsatzes können Muster von unterschiedlicher Dicke, Form oder Dichte gewählt werden, um die Sensoreigenschaften zu optimieren.

[0012] Die Markierung nach Anspruch 6 bildet sich bei drehender Welle im Sensor als Impuls ab, der z. B. zur Drehzahlmessung genutzt werden kann, ohne daß dafür ein nennenswerter Mehraufwand entsteht. Durch eine zweite, asymmetrisch angeordnete Markierung ist es außerdem möglich, die Drehrichtung der Welle zu erkennen.

[0013] Die unterschiedliche Sensitivität mehrerer verwendeten Sensorköpfe nach Anspruch 7 kann durch unterschiedliche Betriebsparameter wie z. B. durch unterschiedliche Abstände zur Welle oder unterschiedliche Betriebsfrequenzen eingestellt werden. Dadurch ist es möglich, auf eine genaue Positionierung der Sensorköpfe zu verzichten.

[0014] Die Weiterbildung nach Anspruch 8 fasst sämtliche Funktionsteile der Einrichtung in einem komplett vorgefertigten und entsprechend leicht einbaufähigen Modul zusammen, daß auch die Stromversorgung der Einrichtung enthält.

[0015] Der Temperaturfühler nach Anspruch 9 ermöglicht es, temperaturbedingte Änderungen der Leitfähigkeit des Wellenmaterials zu kompensieren.

[0016] Die Verwendung des Sensors nach Anspruch 10 ermöglicht die Erfassung wesentlicher Funktionswerte eines Motors, eines Getriebes, der Antriebswellen, der Radachsen, sowie der Lenkung.

[0017] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher erläutert.

[0018] Die dargestellte Figur zeigt in einer schematisierten perspektivischen Ansicht eine Welle 1, insbesondere Antriebswelle eines Getriebes, das mit einer Kurbelwelle eines Motors in einem Kraftfahrzeug koppelbar ist. Seitlich der Welle 1 sind zwei diametral angeordnete Sensorköpfe 2 in unterschiedlichem Abstand zur Welle 1 gezeigt, die einen gemeinsamen Wirbelstromsensor 4 bilden. Die Sensorköpfe 2 sind mit der Mittelachse ihrer elektrischen Spule annähernd radial auf die Außenhaut der Welle 1 gerichtet. Ein von der Magnetspule generiertes hochfrequentes elektromagnetisches Wechselfeld induziert in der Außenhaut der Welle 1 Wirbelströme.

[0019] Die Welle 1 steht entsprechend dem Motordrehmoment unter einer Torsionsspannung, die in der Außenhaut der Welle 1 besonders stark ausgeprägt ist. Die elektrische Leitfähigkeit der Außenhaut verändert sich aufgrund von Gefügeverschiebungen insbesondere in der Außenhaut. Die Einkoppelstärke der elektromagnetischen Wellen verändert sich entsprechend, was zu einer Änderung z. B. der Speisestromstärke der elektrischen Spule führt. Eine nicht dargestellte Auswerteeinrichtung erfasst diese Änderungen und kann so das an der Welle anliegende Drehmoment ermitteln.

[0020] Im Sensorbereich ist die Welle mit einer aufgetragenen Materialschicht 3 überzogen, deren Leitfähigkeit geringer ist als die der Welle. Diese Schicht führt zu stärkeren Änderungen der Einkoppelstärke der elektromagnetischen Sensorwellen, wodurch sich die Sensitivität der Einrichtung erhöht.

## Patentansprüche

1. Einrichtung zum Ermitteln des Drehmoments an einer rotierbaren metallischen Welle (1) mittels eines stationären Wirbelstromsensors (4), der torsionsspannungsabhängige Veränderungen der Welle (1) erfasst, **dadurch gekennzeichnet**,  
daß der Wirbelstromsensor (4) zumindest einen Sensorkopf (2) mit zumindest einer elektrischen Spule aufweist und  
daß der Wirbelstromsensor (4) die torsionsabhängigen Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit bzw. Impedanz der Welle (1) in seinem Wirkungsbereich erfasst.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittelachse der Spule annähernd radial auf die Welle (1) gerichtet ist.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsfrequenz der Spule mehr als 50 kHz beträgt.
4. Einrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Welle (1) im Bereich der Sensorköpfe (2) mit einer Materialschicht von relativ zum Basismaterial der Welle (2) veränderter Leitfähigkeit bzw. Impedanz überzogen ist.
5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Materialschicht in einem engmaschigen geometrischen Muster aufgebracht ist.
6. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Welle (1) in ihrem Mantelbereich zumindest eine Markierung in Form einer wirbelstromsensitiven Unstetigkeit aufweist.
7. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Welle (1) zumindest zwei Sensorköpfe (2) von unterschiedlicher Sensitivität gerichtet sind.
8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorköpfe (2) und eine gemeinsame Auswerteelektronik in einem gemeinsamen Gehäuse integriert sind.
9. Einrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung einen auf die Welle (1) gerichteten Temperaturfühler aufweist, der mit der Auswerteeinrichtung verbunden ist.
10. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Welle als Antriebswelle eines Kraftfahrzeuggetriebes, als Antriebswelle, als Lenkelemente oder als Radachse ausgebildet und derart dimensioniert ist, daß die maximalen Torsionsspannungen nahe an der zulässigen Belastungsgrenze liegen.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

55

60

65

